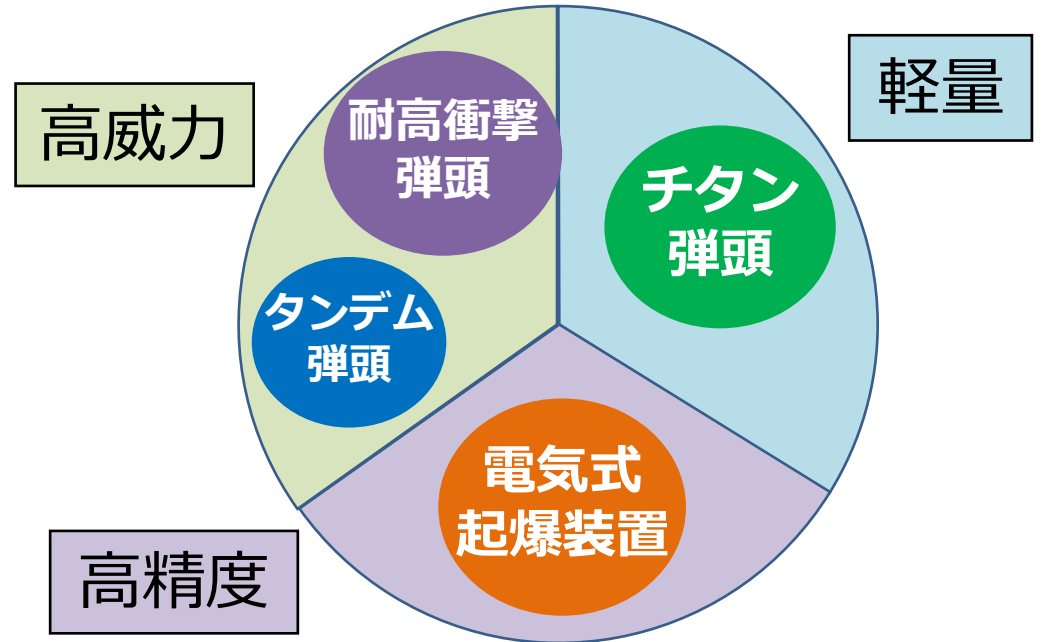
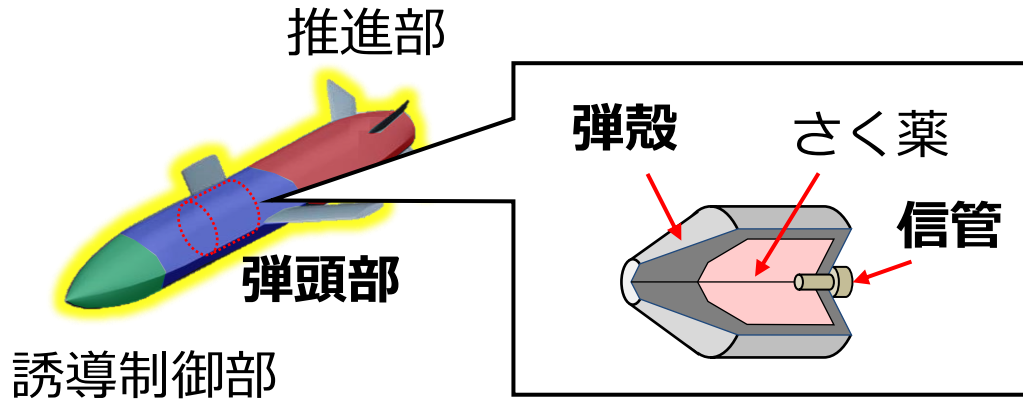
誘導弾用弾頭技術の新たな可能性

～高威力・軽量・高精度～

令和６年１１月１３日

防衛装備庁　陸上装備研究所
弾道技術研究部　管制・自動化研究室

弾頭に求められる要素と能力向上に向けた取り組み

誘導弾用弾頭に求められる要素

弾頭の軽量化に向けた取り組み

・チタン合金を用いた軽量化弾頭

弾頭部の高威力化に向けた取り組み

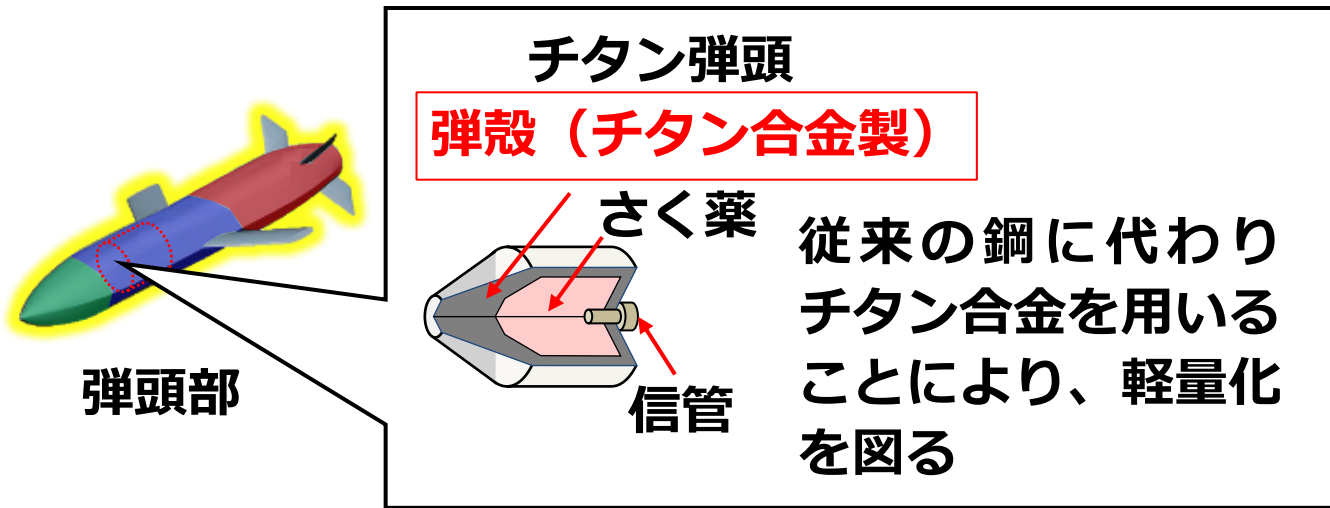
・艦艇を撃破可能な弾頭
・同一の弾頭で、地上目標及び海上目標を撃破可能な弾頭
・構造物等の内部まで貫入させた後に起爆可能な耐衝撃性を有する弾頭及び信管

信管の高精度化に向けた取り組み

・機械式機構を不要とし、電子的に制御可能な電気式安全起爆装置

弾頭の軽量化に向けた取り組み（1/4）

研究の目的

　将来の誘導弾は飛翔距離の延伸や高運動性の要求が高まるものと予測されるため、**弾頭の軽量化を目指す**。

チタン合金の特徴

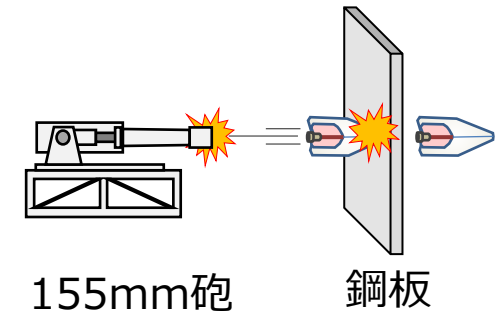
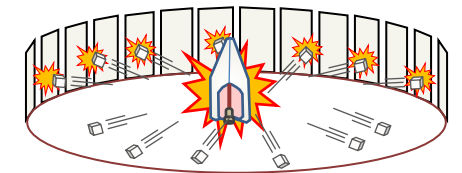
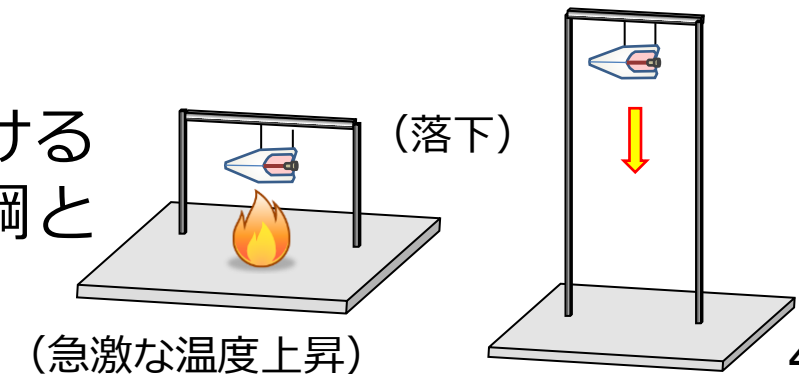
密度が小さい
　鋼と比較して約40%の軽量化
強度が鋼と同等程度
　引張強さは約1000MPa程度
原材料費が高い
加工性が悪い

弾頭の軽量化には弾頭重量の2/3以上を占める弾殻材料を軽量化する必要があり、この解決にはチタン合金が有望である。

弾頭の軽量化に向けた取り組み（2/4）

研究の進め方

鋼製及びチタン合金製の試験用弾頭を用いて、射撃試験、静爆試験及び安全性試験を行うことで、鋼とチタン合金の特性の違いを確認する。

（１）射撃試験（実施済み）
試験用弾頭を高速度で鋼板に射撃し貫通した際の、**鋼とチタン合金の形状変化の違い**を確認する。

（２）静爆試験（実施予定）
鋼とチタン合金で**起爆時に生成される破片の飛散状況・威力の違い**を確認する。

（３）安全性試験（実施予定）
火災発生時や輸送時の落下等の不測事態における**弾頭を取り扱う上で必要な安全性について、**鋼とチタン合金の**違い**を確認する。

弾頭の軽量化に向けた取り組み（3/4）

<u>鋼製及びチタン合金製弾頭の射撃試験</u>

通常の使用条件よりも厳しい、**弾頭が変形・破壊される限界の条件**（標的の厚さ、射出速度を変更）で試験を実施した。

弾頭の軽量化に向けた取り組み（4/4）

鋼製及びチタン合金製弾頭の射撃試験の結果

試験結果の一例

	標的（薄）	標的（厚）
チタン合金製弾頭		

○チタン合金製弾頭は鋼製弾頭と比較して、**変形箇所や変形量は同程度だが破壊に至るまでの変形量の限界値が低い**ことを確認した。

○チタン合金製弾頭において、変形を許容しない設計の場合は、**鋼製弾頭と同じ形状で同程度の貫徹性能が得られる。**一定以上の変形が想定される場合は、応力集中が発生する部分を厚肉化する等の対策が必要と考えられる。

弾頭部の高威力化に向けた取り組み（1/7）

研究の目的

　島嶼部に対する攻撃への対応として、**島嶼及びその周辺海域に展開する敵部隊・艦艇に有効に対処できる**誘導弾用弾頭が求められている。

（１）シーバスター弾頭の研究

艦艇を撃破可能な弾頭

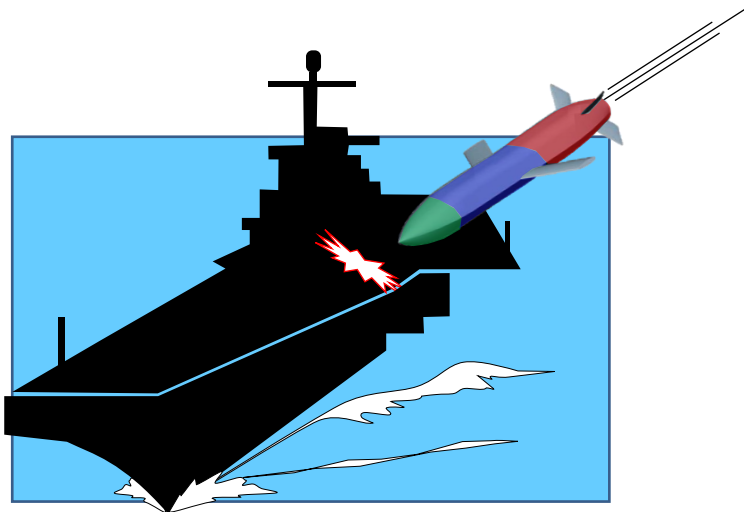
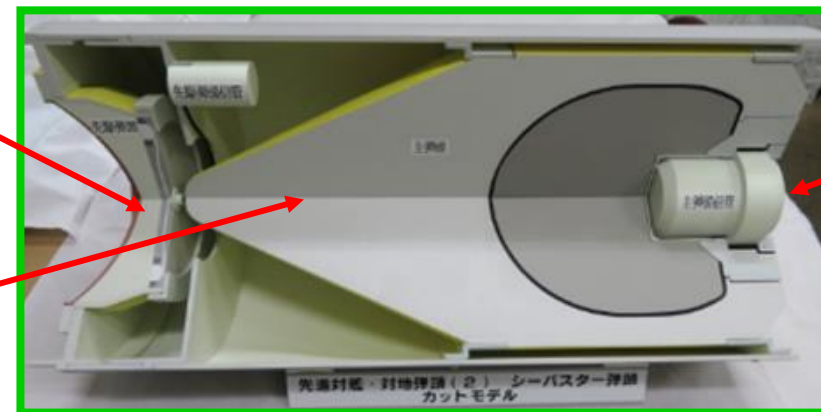
（２）コンビネーション弾頭の研究

同一の弾頭で、地上目標及び海上目標を撃破可能な弾頭

（３）耐高衝撃弾頭及び信管の研究（実施中）

構造物等の内部まで貫入させた後に起爆可能な耐衝撃性を有する弾頭及び信管

（１）シーバスター弾頭の研究

艦艇の甲板及び舷側を貫徹し、内部を破壊することを目標とした。

シーバスター弾頭の運用イメージ

シーバスター弾頭のカットモデル（模型）

運用構想

①艦艇の甲板等に主弾頭が貫入しやすいように、**「先駆弾頭」**を使用してガイド穴を開口する。

②**「主弾頭」**が艦艇の甲板等を貫徹し、内部で起爆することで、戦闘指揮所や艦載機格納庫といった重要部を破壊することで目標を達成する。

弾頭部の高威力化に向けた取り組み（3/7）
（１）シーバスター弾頭の研究

シーバスター用信管のスレッド試験結果

試作したシーバスター弾頭を用いたスレッド試験を実施し、**信管の延期起爆と侵徹中起爆が正常に作動する**ことを確認した。

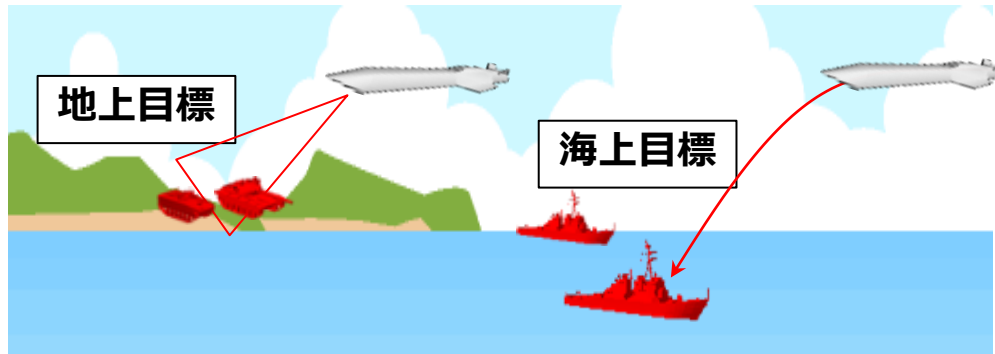
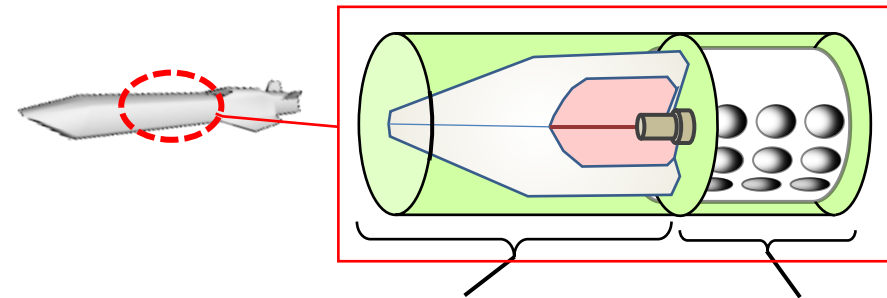
速度:400m/s　供試品:実サイズ信管

標的

ロケットモータ

弾頭部の高威力化に向けた取り組み（4/7）
（2）コンビネーション弾頭の研究

（2）コンビネーション弾頭の研究

　同一の弾頭で空母、駆逐艦、ミサイル艦等の様々な海上目標に対処可能かつ、島嶼（陸）上の地上目標も対処できることを目標とした。

コンビネーション弾頭の運用イメージ

コンビネーション弾頭の構造イメージ

・前部弾頭：**運動エネルギーによる侵徹効果**と起爆点近傍を**破片で面制圧する破片効果**を担う。

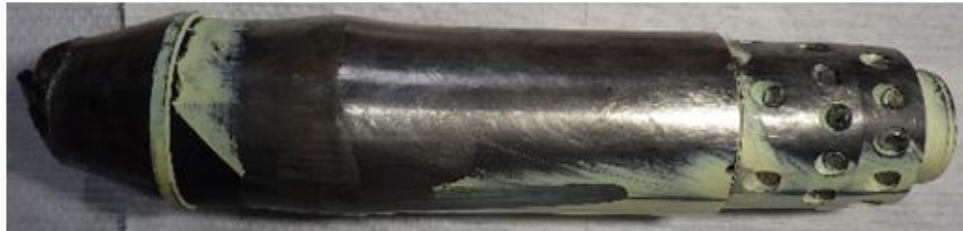
・後部弾頭：遠方及び破壊難易度の高いターゲットに対し、**EFP※で面制圧する破片効果**を担う。

※ **EFP**：Explosively Formed Penetrator（爆発成形弾）

弾頭部の高威力化に向けた取り組み（5/7）
（2）コンビネーション弾頭の研究

コンビネーション弾頭の射撃試験結果

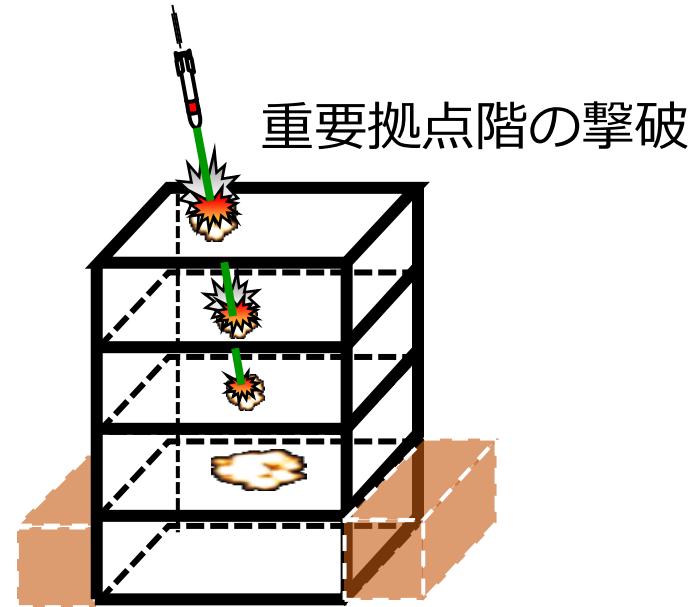
試作したコンビネーション弾頭を用いた射撃試験を実施した。

貫徹前の弾頭

貫徹後の弾頭

標的貫徹後の弾頭

コンビネーション弾頭が艦艇の舷側を模擬した標的を貫徹可能であることを確認した。

（３）耐高衝撃弾頭及び信管の研究（実施中）

構造物等の内部まで貫入させた後に弾頭を起爆させることが可能な耐高衝撃性を有する弾頭及び信管の技術を確立する。

【構造物への対地射撃】

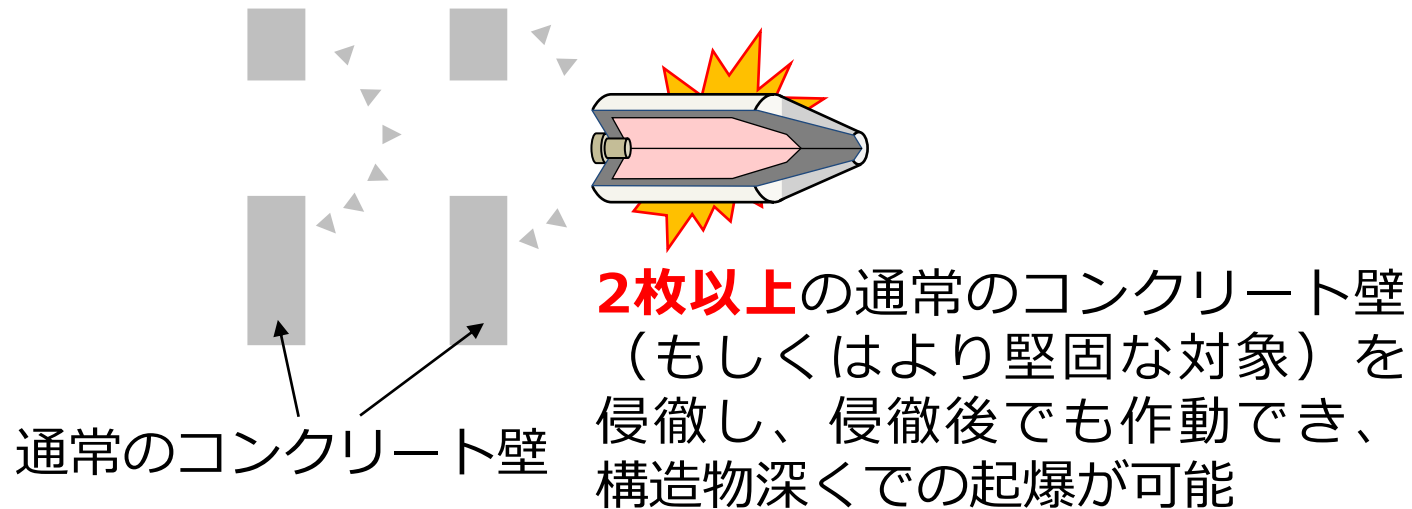
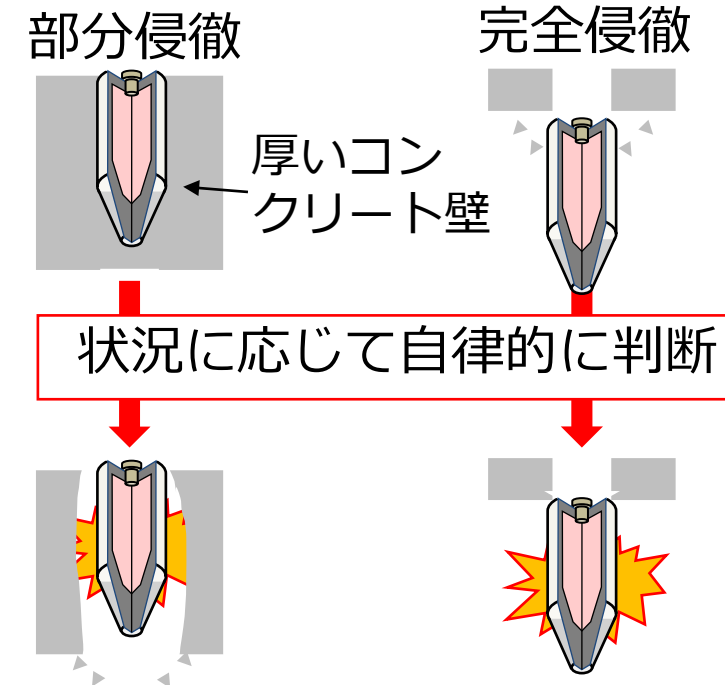
島嶼が占拠された場合において、構造物等を占拠した敵部隊にスタンド・オフ火力等で対処する。

弾頭部の高威力化に向けた取り組み（7/7）
（３）耐高衝撃弾頭及び信管の研究

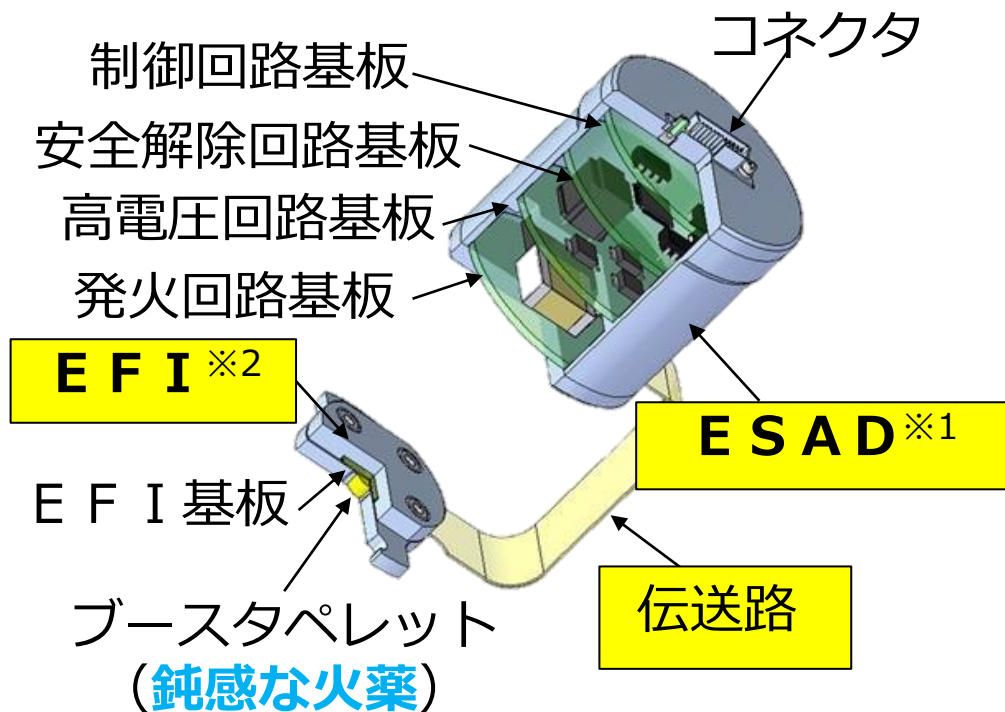
解明すべき技術的課題

・侵徹技術　　　　：コンクリート壁等の堅固な対象を貫通
・耐高衝撃技術　　：コンクリート壁等の堅固な対象に対する弾着衝撃への抗たん
・自律遅延制御技術：コンクリート壁等への貫通／不貫通や貫通枚数を自律的に判断し、起爆制御を含め起爆信号を出力

【侵徹技術、耐高衝撃技術（イメージ）】

2枚以上の通常のコンクリート壁（もしくはより堅固な対象）を侵徹し、侵徹後でも作動でき、構造物深くでの起爆が可能

【自律遅延制御技術（イメージ）】

信管の高精度化に向けた取り組み（1/3）

研究の目的

　誘導弾において従来の機械式信管より安全性や作動タイミングの制御の点で優れ、起爆条件を簡便に変更可能な起爆装置が求められている。

供試品概要イメージ

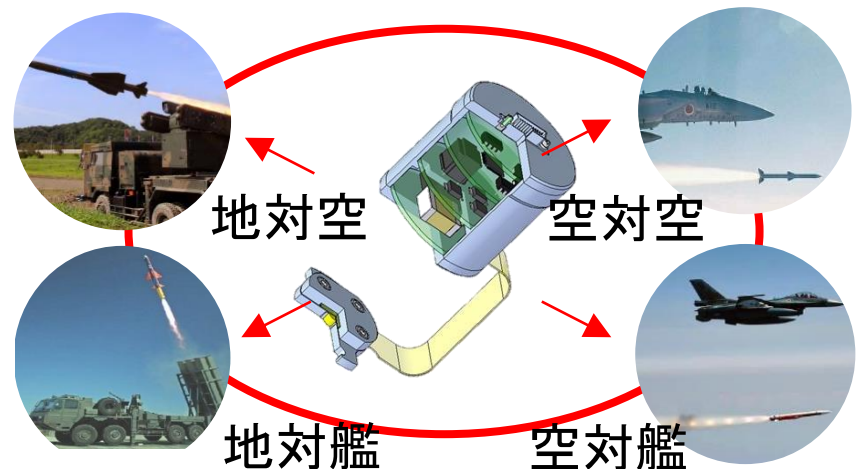
※1 ESAD：Electronic Safety Arming Devise
（電気式安全起爆装置）

※2 EFI：Exploding Foil Initiator
(金属箔のブリッジを使用し爆薬を着火させる発火具)

ESAD/EFIによる、部品の全てを電子的に制御可能な電気式安全起爆装置を試作し、実用化の見通しが立った。

信管の高精度化に向けた取り組み（2/3）

電気式安全起爆装置の特徴

機械式信管	電気式安全起爆装置
電気雷管など**敏感な火薬が必要**。	**敏感な火薬が不要**。比較的鈍感な火薬のみを使用している。
遮断子の回転により火薬系列が整うと、**不発時でも解除されない**。	不発時は自動的に放電し、**起爆能力を失う**。
対象装備品の安全解除条件に合わせて個別に機構を設計し開発する必要があり、**変更が困難**。	プログラムの書き換えや一部部品の置換のみで多様な装備品に適用可能であり、**柔軟に変更が可能**。

様々なプラットフォームに適用可能

多点起爆時の動作や加速度及び振動に対する動作を検証し、想定通り作動することを実証済み。

防衛装備庁

信管の高精度化に向けた取り組み（3/3）

電気式安全起爆装置の2点同時起爆実証試験

　コンビネーション弾頭の前部・後部弾頭の静爆試験において、ESAD/EFIを使用した2点同時起爆実証試験を実施し、**起爆時間差がμ秒以下である**ことを確認した。

まとめ

- ✓ 弾頭の軽量化に向けて、鋼及びチタン合金製弾頭の射撃試験を実施し、**鋼とチタン合金の特性の違い**を確認した。
- ✓ 弾頭部の高威力化に向けて、艦艇の甲板及び舷側を貫徹することを目標とした**シーバスター弾頭**及び同一の弾頭で地上目標及び海上目標に打撃を与えることが可能な**コンビネーション弾頭**を試作し、性能を確認した。
- ✓ 今後は、構造物等の内部まで貫入させた後に弾頭を起爆させることが可能な**耐高衝撃性を有する弾頭及び信管**の技術獲得を進める。
- ✓ 信管の高精度化に向けて、**ESAD/EFIを用いた電気式安全起爆装置**を試作し、実用化の見通しが立った。